

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-232326

(43)Date of publication of application : 05.09.1997

(51)Int.Cl.

H01L 21/329

H01L 21/265

(21)Application number : 08-039162

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 27.02.1996

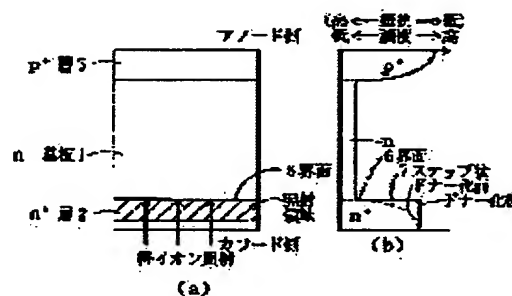
(72)Inventor : YOSHINO MASAO

## (54) MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor device using a diffusion substrate with the same impurity profile as that of an epitaxial growth crystal substrate.

SOLUTION: A light ion is cast from an interference between an n-substrate 1 and an n<sup>+</sup> layer 2 to the n<sup>+</sup> layer 2. A large quantity of irradiation is cast near the interference 6 while the quantity of irradiation is reduced as it goes away from the interference 6. The quantity of irradiation is reduced to a minimum from  $1 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$  to  $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$  necessary for generating donors, the temperature for heat treatment is from 350 to 600° C. In this way, the impurity profile of the interference 6 is made almost the same as that of the crystal substrate formed in epitaxial growth.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3427609

[Date of registration]

16.05.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-232326

(43)公開日 平成9年(1997)9月5日

(51)Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L	21/329		H 0 1 L 29/91	B
	21/265		21/265	Q
				A

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 3 頁)

(21)出願番号 特願平8-39162

(22)出願日 平成8年(1996)2月27日

(71)出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72)発明者 吉野 正夫

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

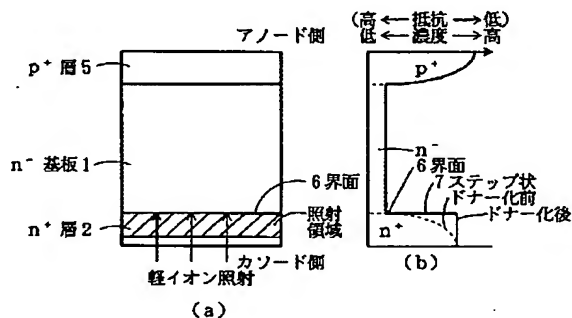
(74)代理人 弁理士 山口 巖

(54)【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57)【要約】

【課題】エピタキシャル成長の結晶基板の不純物プロファイルと同様の不純物プロファイルを有する拡散基板で製作した半導体装置を提供すること。

【解決手段】軽イオンを $n^-$ 基板1と $n^+$ 層2の境界から $n^+$ 層2内に照射し、そのときの照射量は境界6付近の照射量を多く、境界6から離れるに従って照射量を少なく照射し、その照射量の範囲はドナー化する最小量である $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ から $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ で行い、熱処理温度は $350^\circ\text{C}$ から $600^\circ\text{C}$ の範囲で行うことで界面6の不純物プロファイルをエピタキシャル成長させた結晶基板とほぼ同一とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】低濃度の第一導電形の半導体基板の一主面から高濃度の第一導電形の不純物原子を拡散して第一導電形の高濃度拡散層を形成し、該高濃度拡散層の先端から高濃度拡散層内に所定量の軽イオンを照射し、その後所定温度で熱処理することで、軽イオンが照射された領域の格子欠陥をドナー化し、高濃度拡散層の先端近傍の濃度プロファイルをステップ状に形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】軽イオンがプロトンもしくはヘリウムイオンであることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】軽イオンの照射量を $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ ないし $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ とし、且つ、軽イオンを照射した後の熱処理温度を $350^\circ\text{C}$ ないし $600^\circ\text{C}$ とすることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】この発明は、高耐圧ダイオードなどのパワーデバイスにFZ結晶を適用した半導体装置に関する。

【従来の技術】図2は拡散基板を用いた従来の高耐圧ダイオードで、同図(a)に断面構造、同図(b)に不純物プロファイルを示す。同図(a)において、 $n^-$ 基板1に $n^+$ 層3を拡散し、他方に $p^+$ 層5を拡散して、 $p^+n^-n^+$ 構造(通称pin構造といわれている)の高耐圧ダイオードが形成される。同図(b)において、 $n^-n^+$ の界面6接合付近の $n^+$ 層3の不純物プロファイルは、拡散で $n^+$ 層3が形成されるため、図示されるようにその形状は傾斜状7となっている。ダイオードが逆回復する時点で、空乏層の伸びが $n^+$ 層3で抑えられるが、この $n^+$ 層3が傾斜状7になっていると、濃度が低い領域では空乏層は伸び、高い領域になるにつれて伸びは抑えられる。そのため、ある程度 $n^+$ 層3の奥まで空乏層が伸びるため、逆回復電流の減少が緩やかになり逆回復損失が大きくなる。この不都合を解決する方策の一つが傾斜状をステップ状に変えることである。図3はエビタキシャル成長させた結晶基板を用いた従来の高耐圧ダイオードで、同図(a)に断面構造、同図(b)にステップ状の不純物プロファイルを示す。このステップ状9の不純物プロファイルは $n^-$ 基板1上に $n^+$ 層4をエビタキシャル成長で積層して得られ、この結晶基板を用いて製作した高耐圧ダイオードの逆回復損失は図2の高耐圧ダイオードと比べて低減する。

【発明が解決しようとする課題】しかし、エビタキシャル成長の結晶基板は通常の拡散基板と比べ、コストが2倍程度高いという不都合がある。この発明の目的は、エビタキシャル成長の結晶基板の不純物プロファイルと同様の不純物プロファイルを有する拡散基板で製作した半導体装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成するた

めに、低濃度の第一導電形の半導体基板の一主面から高濃度の第一導電形の不純物原子を拡散して第一導電形の高濃度拡散層を形成し、該高濃度拡散層の先端から高濃度拡散層内に所定量の軽イオンを照射し、その後所定温度で熱処理することで、軽イオンが照射された領域の格子欠陥をドナー化し、高濃度拡散層の先端近傍の濃度プロファイルがステップ状に形成される構成とする。この軽イオンがプロトンもしくはヘリウムイオンであるとい。また軽イオンの照射量を $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ ないし $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ とし、且つ、軽イオンを照射した後の熱処理温度を $350^\circ\text{C}$ ないし $600^\circ\text{C}$ とすることで軽イオンで形成された格子欠陥をドナー化する。

【発明の実施の形態】図1はこの発明の実施例で、同図(a)は軽イオンを照射している状態であり、同図(b)はドナー化前後の不純物プロファイルを示す。軽イオンであるプロトンまたはヘリウムイオンを $n^-$ 基板1と $n^+$ 層2の境界から $n^+$ 層2内に照射する。そのときの照射量は界面6付近の照射量を多く、界面6から離れるに従って照射量を少なく照射する。また照射量の範囲はドナー化する最小量である $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ から実用上の最大値である $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ で行う。また熱処理温度はドナー化する最低温度の $350^\circ\text{C}$ からドナー化が弱まる $600^\circ\text{C}$ までの範囲で行う。このような処理を行うことで同図(b)のドナー化後の不純物プロファイルが得られ、エビタキシャル成長させた結晶基板とほぼ同一の不純物プロファイルが得られた。つまり $n^+$ 層2の界面近傍はステップ状7となっている。その結果、高耐圧ダイオードの逆回復損失がエビタキシャル成長の結晶基板を用いたものと同一となった。この発明の実施例として高耐圧ダイオードを示したが、IGBTなどのMOSゲート構造デバイスの $n^+$ バッファ層を軽イオンを照射した $n^+$ 層2として利用しても勿論よく、またこの他の半導体装置に軽イオンを照射した結晶基板を適用してもよい。この拡散基板に軽イオンを照射した結晶基板はエビタキシャル成長基板と比べてコストが3から4割程度安価となり、この基板を用いて製作した半導体装置の製造コストも大幅に低減させることができる。

【発明の効果】この発明によると、 $n$ 形の拡散基板の高濃度領域にプロトンやヘリウムイオンの軽イオンを $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 以上照射し、熱処理を $350^\circ\text{C}$ 以上で行うことで、エビタキシャル成長の結晶基板とほぼ同一の不純物プロファイルの結晶基板を得て、この結晶基板を用いることで逆回復損失が小さく、製造コストが低い半導体装置を得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例で、(a)は軽イオンを照射している図、(b)はドナー化前後の不純物プロファイルを示す図

【図2】拡散基板を用いた従来の高耐圧ダイオードで、(a)は断面構造図、(b)は不純物プロファイルを示す

図

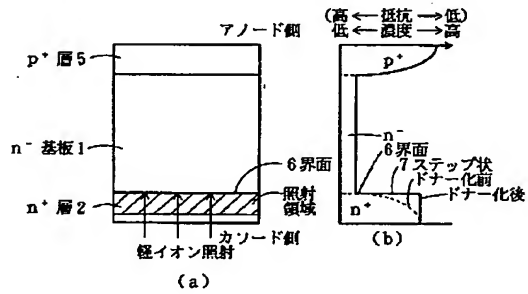
【図3】エピタキシャル成長させた結晶基板を用いた従来の高耐圧ダイオードで、(a)は断面構造図、(b)はステップ状の不純物プロファイルを示す図

【符号の説明】

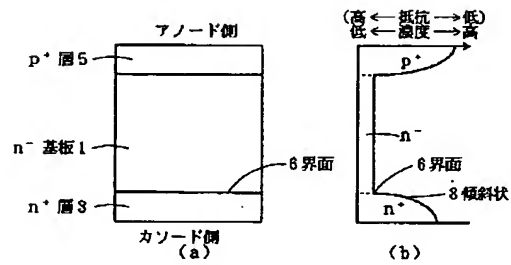
- 1  $n^-$  基板  
2  $n^+$  層

- \* 3  $n^+$  層  
4  $n^+$  層  
5  $p^+$  層  
6 界面  
7 ステップ状  
8 傾斜状  
\* 9 ステップ状

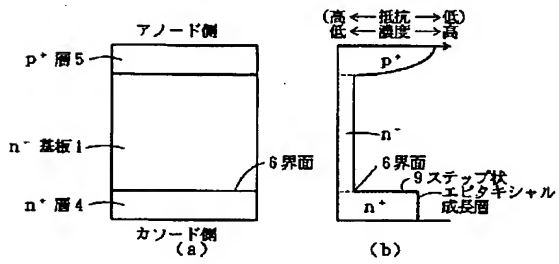
【図1】



【図2】



【図3】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第7部門第2区分  
 【発行日】平成13年4月13日(2001.4.13)

【公開番号】特開平 9-232326  
 【公開日】平成9年9月5日(1997.9.5)  
 【年通号数】公開特許公報 9-2324  
 【出願番号】特願平 8-39162  
 【国際特許分類第7版】

H01L 21/329  
 21/265

【F I】

H01L 29/91 B  
 21/265 Q  
 A

【手続補正書】  
 【提出日】平成11年11月5日(1999.11.5)

【手続補正1】  
 【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】 明細書  
 【発明の名称】 半導体装置の製造方法  
 【特許請求の範囲】

【請求項1】低濃度の第一導電形の半導体基板の一主面から高濃度の第一導電形の不純物原子を拡散して第一導電形の高濃度拡散層を形成し、該高濃度拡散層と半導体基板との境界から高濃度拡散層内にかけての位置に所定量の軽イオンを照射し、その後所定温度で熱処理すること、軽イオンが照射された領域の格子欠陥をドナー化し、高濃度拡散層の前記境界近傍の濃度プロファイルをステップ状に形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】低濃度の第一導電形の半導体基板の一方側に高濃度の第一導電形領域、他方側に高濃度の第二導電形領域を有する半導体装置の製造方法において、前記高濃度の第一導電形領域の少なくとも一部を所定量の軽イオンの照射による格子欠陥の形成と、その後の所定温度での熱処理による前記格子欠陥のドナー化により形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項3】軽イオンがプロトンもしくはヘリウムイオンであることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】軽イオンの照射量を $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ 乃至 $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ とし、且つ、軽イオンを照射した後の熱処理温度を $350^\circ\text{C}$ 乃至 $600^\circ\text{C}$ とすることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の半導体装置の製造

方法。

【請求項5】半導体装置がダイオードあるいはMOSゲート構造デバイスであることを特徴とする請求項2に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】半導体装置がIGBTであり、高濃度の第一導電形領域が $n^+$ バッファ層であることを特徴とする請求項2に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項7】軽イオンを第一導電形領域を有する半導体基板の一方側の主面から照射することを特徴とする請求項2に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】この発明は、高耐圧ダイオードやMOSゲート構造デバイスなどのパワーデバイスにFZ結晶を適用した半導体装置に関する。

【従来の技術】図2は拡散基板を用いた従来の高耐圧ダイオードで、同図(a)に断面構造、同図(b)に不純物プロファイルを示す。同図(a)において、 $n^-$ 基板1に $n^+$ 層3を拡散し、他方に $p^+$ 層5を拡散して、 $p^+n^-n^+$ 構造(通称pin構造といわれている)の高耐圧ダイオードが形成される。同図(b)において、 $n^-$ と $n^+$ の接合界面6付近の $n^+$ 層3の不純物プロファイルは拡散で $n^+$ 層3が形成されるため、図示されるようにその形状は傾斜状8となっている。ダイオードが逆回復する時点で、空乏層の伸びが $n^+$ 層3で抑えられるが、この $n^+$ 層3が傾斜状8になっていると、濃度が低い領域では空乏層は伸び、高い領域になるにつれて伸びは抑えられる。そのため、ある程度 $n^+$ 層3の奥まで空乏層が伸びるため、逆回復電流の減少が緩やかになり逆回復損失が大きくなる。この不都合を解決する方策の一つが傾斜状の濃度をステップ状に変えることである。図3はエピタキシャル成長させた結晶基板を用いた従来の高耐圧ダイオードで、同図(a)に断面構造、同図(b)にステップ状の不純物プロファイルを示す。このステップ

状9の不純物プロファイルは $n^-$ 基板1上に $n^+$ 層4をエビタキシャル成長で積層して得られ、この結晶基板を用いて製作した高耐圧ダイオードの逆回復損失は図2の高耐圧ダイオードと比べて低減する。

【発明が解決しようとする課題】しかし、エビタキシャル成長の結晶基板は通常の拡散基板と比べ、コストが2倍程度高いという不都合がある。この発明の目的は、エビタキシャル成長の結晶基板の不純物プロファイルと同様の不純物プロファイルを有する拡散基板で製作した半導体装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成するために、低濃度の第一導電形の半導体基板の一主面から高濃度の第一導電形の不純物原子を拡散して第一導電形の高濃度拡散層を形成し、該高濃度拡散層と半導体基板との境界から高濃度拡散層内にかけての位置に所定量の軽イオンを照射し、その後所定温度で熱処理することで、軽イオンが照射された領域の格子欠陥をドナー化し、高濃度拡散層の前記境界近傍の濃度プロファイルがステップ状に形成される構成とする。あるいは、低濃度の第一導電形の半導体基板の一方側に高濃度の第一導電形領域、他方側に高濃度の第二導電形領域を有する半導体装置の製造方法において、前記高濃度の第一導電形領域の少なくとも一部を所定量の軽イオンの照射による格子欠陥の形成と、その後の所定温度での熱処理による前記格子欠陥のドナー化により形成する構成とする。これらの軽イオンがプロトンもしくはヘリウムイオンであるといふ。また軽イオンの照射量を $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 乃至 $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ とし、且つ、軽イオンを照射した後の熱処理温度を $350^\circ\text{C}$ 乃至 $600^\circ\text{C}$ とすることで軽イオンで形成された格子欠陥をドナー化する。また、半導体装置がダイオードあるいはMOSゲート構造デバイスであり、IGBTでは高濃度の第一導電形領域が $n^+$ バッファ層であるものとする。そして、軽イオンを第一導電形領域を有する半導体基板の一方側の主面から照射するのがよい。

【発明の実施の形態】図1はこの発明の実施例で、同図(a)は軽イオンを照射している状態であり、同図(b)はドナー化前後の不純物プロファイルを示す。軽イオンであるプロトンまたはヘリウムイオンを $n^-$ 基板1と $n^+$ 層2の境界から $n^+$ 層2内の部分にかけて照射する。そのときの照射量は界面6付近の照射量を多く、界面6から離れるに従って照射量を少なく照射する。また照射量の範囲はドナー化する最小量である $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ から実用上の最大値である $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ で行

う。また熱処理温度はドナー化する最低温度の $350^\circ\text{C}$ からドナー化が弱まる $600^\circ\text{C}$ までの範囲で行う。このような処理を行うことで同図(b)のドナー化後の不純物プロファイルが得られ、エビタキシャル成長させた結晶基板とはほぼ同一の不純物プロファイルが得られた。つまり $n^+$ 層2の界面近傍はステップ状7となっている。その結果、高耐圧ダイオードの逆回復損失がエビタキシャル成長の結晶基板を用いたものと同一となった。この発明の実施例として高耐圧ダイオードを示したが、IGBTなどのMOSゲート構造デバイスの $n^+$ バッファ層を軽イオンを照射した $n^+$ 層2として利用しても勿論よく、またこの他の半導体装置に軽イオンを照射した結晶基板を適用してもよい。この拡散基板に軽イオンを照射した結晶基板はエビタキシャル成長基板と比べてコストが3から4割程度安価となり、この基板を用いて製作した半導体装置の製造コストも大幅に低減させることができる。

【発明の効果】この発明によると、 $n$ 形の拡散基板の高濃度領域にプロトンやヘリウムイオンの軽イオンを $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 以上照射し、熱処理を $350^\circ\text{C}$ 以上で行うことで、エビタキシャル成長の結晶基板とはほぼ同一の不純物プロファイルの結晶基板を得ることができ、この結晶基板を用いることで逆回復損失が小さく、製造コストが低い半導体装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例で、(a)は軽イオンを照射している図、(b)はドナー化前後の不純物プロファイルを示す図

【図2】拡散基板を用いた従来の高耐圧ダイオードで、(a)は断面構造図、(b)は不純物プロファイルを示す図

【図3】エビタキシャル成長させた結晶基板を用いた従来の高耐圧ダイオードで、(a)は断面構造図、(b)はステップ状の不純物プロファイルを示す図

【符号の説明】

- 1  $n^-$  基板
- 2  $n^+$  層
- 3  $n^+$  層
- 4  $n^+$  層
- 5  $p^+$  層
- 6 界面
- 7 ステップ状
- 8 傾斜状
- 9 ステップ状